

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.

DIALOG(R)File 351:Derwent WPI
(c) 2004 Thomson Derwent. All rts. reserv.

011754282 **Image available**

WPI Acc No: 1998-171192/199816

XRAM Acc No: C98-054802

CRPX Acc No: N98-136028

Magnetic recording medium with three magnetic layers laminated in succession - has given parameters for magnetic wall density, saturation magnetisation, magnetic wall coercivity and film thickness of first and third layers at given temperature

Patent Assignee: CANON KK (CANO)

Inventor: SHIRATORI T

Number of Countries: 007 Number of Patents: 005

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
EP 831465	A1	19980325	EP 97307275	A	19970918	199816 B
JP 10092031	A	19980410	JP 96248399	A	19960919	199825
US 6265062	B1	20010724	US 97933091	A	19970918	200146
JP 2001351279	A	20011221	JP 96248399	A	19960919	200206
			JP 2001104968	A	19960919	
US 6403205	B1	20020611	US 92933091	A	19920918	200244
			US 2000616986	A	20000714	

Priority Applications (No Type Date): JP 96248399 A 19960919; JP 2001104968 A 19960919

Patent Details:

Patent No	Kind	Lan	Pg	Main IPC	Filing Notes
EP 831465	A1	E	40	G11B-005/66	
Designated States (Regional): DE FR GB IT NL					
JP 10092031	A		20	G11B-011/10	
US 6265062	B1			G11B-005/66	
JP 2001351279	A		22	G11B-011/105	Div ex application JP 96248399
US 6403205	B1			G11B-011/105	Div ex application US 92933091
					Div ex patent US 6265062

Abstract (Basic): EP 831465 A

The medium has three magnetic layers laminated in succession. The magnetic wall energy density, saturation magnetisation, magnetic wall coercivity and film thickness of the first layer at a temperature T represented by cgs units are defined as o_1 , M_{s1} , H_{w1} and h_1 respectively (figs 1A, 1B and 1C).

The same parameters of the third layer are defined as a_3 , M_{s3} , H_{w3} and h_3 respectively and the interface magnetic wall energy density between the first magnetic layer and the third is defined as ow_{13} . The lowest temperature at which ow_{13} is 0 erg per cm squared is T_s at room temperature two given formulae are satisfied. When this occurs the formulae are: $2M_{s1} * H_{w1}$ is less than ow_{13} over h_1 and: $2M_{s3} * H_{w3}$ is greater than ow_{13} over h_3 .

USE - Relates to magnetic recording medium in which magnetic wall is caused to displace to reproduce information.

1A,1B,1C/1

2

Title Terms: MAGNETIC; RECORD; MEDIUM; THREE; MAGNETIC; LAYER; LAMINATE; SUCCESSION; PARAMETER; MAGNETIC; WALL; DENSITY; SATURATE; MAGNETISE; MAGNETIC; WALL; COERCIVE; FILM; THICK; FIRST; THIRD; LAYER; TEMPERATURE

Derwent Class: L03; M26; M27; T03; V02; W04

International Patent Class (Main): G11B-005/66; G11B-011/10; G11B-011/105

International Patent Class (Additional): G11B-011/10

File Segment: CPI; EPI

Manual Codes (CPI/A-N): L03-B05D; M27-A; M27-A00C

Manual Codes (EPI/S-X): T03-D01A4; T03-D01A5; T03-D01E; V02-A01A2; V02-B01;

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-92031

(43) 公開日 平成10年(1998) 4月10日

(51) Int. Cl. ⁶	識別記号	F I	
G 1 1 B 11/10	5 0 6	G 1 1 B 11/10	5 0 6 A
	5 4 1		5 4 1 B
	5 8 6		5 8 6 A

審査請求 未請求 請求項の数35 O L (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願平8-248399
(22) 出願日	平成8年(1996) 9月19日

(71) 出願人	000001007 キヤノン株式会社 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(72) 発明者	白鳥 力 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ ノン株式会社内
(74) 代理人	弁理士 若林 忠

(54) 【発明の名称】 磁性記録媒体及びその記録再生方法

(57) 【要約】

【課題】 記録マークの境界部に存在する磁壁を温度勾配によって移動させ、この磁壁移動を検出する、高密度記録信号の再生方法において、この機能を安定に実現するためのより適正化された条件を開示することにより、高密度記録再生が可能な磁性記録媒体並びにその再生方法を提供することを目的とする。

【解決手段】 第1、第2、第3の磁性層が順次積層され、温度Tにおける第1の磁性層の磁壁エネルギー密度、飽和磁化、磁壁抗磁力、及び膜厚を、それぞれ σ_1 、 M_{s1} 、 H_{w1} 、及び h_1 とし、同じく第3の磁性層の磁壁エネルギー密度、飽和磁化、磁壁抗磁力、及び膜厚を、それぞれ σ_3 、 M_{s3} 、 H_{w3} 、及び h_3 とし、該第1の磁性層と該第3の磁性層との間の界面磁壁エネルギー密度を σ_{w13} とし、該 σ_{w13} が 0 erg/cm^2 になる最低温度をT_sとした時、これらのパラメータが特定の条件を満たすことを特徴とする磁性記録媒体。

【特許請求の範囲】

【請求項1】 少なくとも第1、第2、第3の磁性層が順次積層されている磁性記録媒体であって、cgs単位系で表された温度Tにおける第1の磁性層の磁壁エネルギー密度、飽和磁化、磁壁抗磁力、及び膜厚を、それぞれ σ_1 、 Ms_1 、 Hw_1 及び h_1 とし、同じく第3の磁性層の磁壁エネルギー密度、飽和磁化、磁壁抗磁力、及び膜厚を、それぞれ σ_3 、 Ms_3 、 Hw_3 及び h_3 とし、該第1の磁性層と該第3の磁性層との間の界面磁壁エネルギー密度を σw_{13} とし、該 σw_{13} が 0 erg/cm^2 になる最低温度を T_s とした時、

少なくとも室温において、

$$2Ms_1 * Hw_1 < \sigma w_{13} / h_1$$

かつ、

$$2Ms_3 * Hw_3 > \sigma w_{13} / h_3$$

を満たし、かつ、

該温度 T_s 以上で、該第1の磁性層のキュリー温度 T_{c1} よりも 10°C 以上低い温度範囲に、適当な温度 T_p を選んだ時に、

少なくとも T_s 以上、 T_p 以下の温度範囲において、

$$k_1(T) < k_3(T)$$

かつ、

【数1】

$$\int_{T_s}^{T_p} \frac{1}{k_1(T)} dT > 0.2 \times 10^{-4}$$

を満たすことを特徴とする磁性記録媒体。但し、

$$k_1(T) = (2Ms_1 * Hw_1 + \sigma w_{13} / h_1) / |d\sigma_1/dT|$$

$$k_3(T) = (2Ms_3 * Hw_3 - \sigma w_{13} / h_3) / |d\sigma_3/dT|$$

とする。

【請求項2】 請求項1記載の磁性記録媒体であって、前記温度 T_p を、該第1の磁性層のキュリー温度よりも

$$\sigma_1 = \sum_{i=1}^n (\sigma_{1i} * h_{1i}) / \sum_{i=1}^n h_{1i}$$

$$Ms_1 * Hw_1 = \sum_{i=1}^n (Ms_{1i} * Hw_{1i} * h_{1i}) / \sum_{i=1}^n h_{1i}$$

$$h_1 = \sum_{i=1}^n h_{1i}$$

とし、同じく第3の磁性層の磁壁エネルギー密度、飽和磁化、磁壁抗磁力、及び膜厚を、それぞれ σ_3 、 Ms_3 、 Hw_3 、及び h_3 として、

$$k_1(T) = (2Ms_1 * Hw_1 + \sigma w_{13} / h_1) / |d\sigma_1/dT|$$

$$k_3(T) = (2Ms_3 * Hw_3 - \sigma w_{13} / h_3) / |d\sigma_3/dT|$$

とする。

【請求項4】 第1の磁性層のキュリー温度 T_{c1} が第3の磁性層のキュリー温度 T_{c3} よりも低いことを特徴とする請求項1記載の磁性記録媒体。

20°C 以上低い温度範囲に選び得ることを特徴とする磁性記録媒体。

【請求項3】 少なくとも第1、第2、第3の磁性層が順次積層されており、該第1の磁性層が、該第2の磁性層に近い側から順に第11構成層、第12構成層、...、第1n構成層よりなるn層の構成層で構成されている磁性記録媒体であって、該第1の磁性層と該第3の磁性層との間の界面磁壁エネルギー密度を σw_{13} とし、該 σw_{13} が 0 erg/cm^2 になる最低温度を T_s とした時、

$$T_{c11} < T_{c12} < \dots < T_{c1n}$$

を満たし、かつ、

少なくとも室温において、

$$2Ms_1 * Hw_1 < \sigma w_{13} / h_1$$

かつ、

$$2Ms_3 * Hw_3 > \sigma w_{13} / h_3$$

を満たし、かつ、

該温度 T_s 以上で、該第1n構成層のキュリー温度 T_{c1n} よりも 10°C 以上低い温度範囲に、適当な温度 T_p を選んだ時に、

少なくとも T_s 以上、 T_p 以下の温度範囲において、

$$k_1(T) < k_3(T)$$

かつ、

【数2】

$$\int_{T_s}^{T_p} \frac{1}{k_1(T)} dT > 0.2 \times 10^{-4}$$

を満たすことを特徴とする磁性記録媒体。但し、第1i構成層のキュリー温度を T_{c1i} 、cgs単位系で表された温度Tにおける磁壁エネルギー密度、飽和磁化、磁壁抗磁力、及び膜厚を、それぞれ σ_{1i} 、 Ms_{1i} 、 Hw_{1i} 、及び h_{1i} として（但し、iは1～nまでの整数の1つを表す。）

【数3】

【請求項5】 第1n構成層のキュリー温度 T_{c1n} が第3の磁性層のキュリー温度 T_{c3} よりも低いことを特徴とする請求項3記載の磁性記録媒体。

【請求項6】 $h_{11} \geq h_{12} \geq \dots \geq h_{1n}$ を満たすことを特徴とする請求項3記載の磁性記録媒体。

【請求項7】 第1の磁性層が磁気光学効果を呈する材料で構成されていることを特徴とする請求項1または3記載の磁性記録媒体。

【請求項8】 第1n構成層が磁気光学効果を呈する材料で構成されていることを特徴とする請求項3記載の磁性記録媒体。

【請求項9】 第1の磁性層に隣接して、第2の磁性層の逆側に、再生層として磁気光学効果を呈する第4の磁性層を付加したことを特徴とする請求項1または3記載の磁性記録媒体。

【請求項10】 第1の磁性層が希土類-鉄族元素非晶質合金で構成され、室温において希土類元素副格子磁化優勢な組成であることを特徴とする請求項1または3記載の磁性記録媒体。

【請求項11】 第1の磁性層が希土類-鉄族元素非晶質合金で構成され、Ts近傍からTc1近傍にかけての温度領域において、希土類元素副格子磁化と鉄族元素副格子磁化とが略補償される組成であることを特徴とする請求項10記載の磁性記録媒体。

【請求項12】 第1の磁性層がGdFeCrを主成分とする材料で構成されていることを特徴とする請求項10記載の磁性記録媒体。

【請求項13】 第1の磁性層がGdFeCrを主成分とする材料で構成されており、第1i構成層のCr含有量をX1i原子%とした時、 $X11 > X12 > \dots > X1n$ であることを特徴とする請求項3記載の磁性記録媒体。

【請求項14】 第1の磁性層が反強磁性材料で構成されていることを特徴とする請求項1または3記載の磁性記録媒体。

【請求項15】 第1の磁性層が、室温で面内磁化膜、室温以上Ts以下の温度で垂直磁化膜となる材料で構成されていることを特徴とする請求項1または3記載の磁性記録媒体。

【請求項16】 第2の磁性層が希土類-鉄族元素非晶質合金で構成されていることを特徴とする請求項1または3記載の磁性記録媒体。

【請求項17】 第2の磁性層の室温における飽和磁化が 200 emu/cc 以下であることを特徴とする請求項16記載の磁性記録媒体。

【請求項18】 第2の磁性層がTb及びFe及び/またはCoを主成分とする材料で構成されていることを特徴とする請求項16記載の磁性記録媒体。

【請求項19】 第2の磁性層の室温における磁壁エネルギー密度が 4 erg/cm^2 以上であることを特徴とする請求項1または3記載の磁性記録媒体。

【請求項20】 第3の磁性層が希土類-鉄族元素非晶質合金で構成されていることを特徴とする請求項1または3記載の磁性記録媒体。

【請求項21】 第3の磁性層の室温における飽和磁化が 150 emu/cc 以下であることを特徴とする請求項20記載の磁性記録媒体。

【請求項22】 第3の磁性層がTb及びFe及び/またはCoを主成分とする材料で構成されていることを特徴とする請求項20記載の磁性記録媒体。

【請求項23】 第3の磁性層のCo含有率が20原子

%以下であることを特徴とする請求項22記載の磁性記録媒体。

【請求項24】 第3の磁性層の膜厚が50nm以上であることを特徴とする請求項1または3記載の磁性記録媒体。

【請求項25】 記録トラックと、隣接する記録トラック同士を分離する案内帯とを有し、該記録トラック-案内帯間の第1の磁性層の膜面方向の交換相互作用による結合が、切断もしくは低減されていることを特徴とする請求項1または3記載の磁性記録媒体。

【請求項26】 前記案内帯の第1の磁性層の磁壁エネルギー密度が、前記記録トラック内部の磁壁エネルギー密度よりも小さいことを特徴とする請求項25記載の磁性記録媒体。

【請求項27】 第1の磁性層が、前記記録トラックと案内帯との間において不連続に形成されていることを特徴とする請求項25記載の磁性記録媒体。

【請求項28】 前記案内帯の第1の磁性層の膜厚が、前記記録トラック内部の膜厚よりも薄いことを特徴とする請求項25記載の磁性記録媒体。

【請求項29】 請求項25～28記載の磁性記録媒体への情報の記録方法であって、記録トラック上に、該案内帯に跨って、情報に対応した記録マークを形成することを特徴とする記録方法。

【請求項30】 請求項1～28のいずれかに記載の磁性記録媒体上に、

$$G(T) < k_3(T)$$

を満たし、かつ、

該温度Ts以上で、該第1の磁性層のキュリー温度よりも10℃以上低い温度範囲に、適当な温度Tp'を選んだ時に、

少なくともTs以上、Tp以下の温度範囲において、

$$G(T) > k_1(T)$$

かつ、

【数4】

$$\int_{T_0}^{T_0'} \frac{1}{G(T)} dT > 0.2 \times 10^{-4}$$

を満たす温度勾配G(T)をなす温度分布を付与することを特徴とする再生方法。

【請求項31】 請求項30記載の再生方法であって、該温度分布を媒体面上で走査し、Ts以上の温度領域内に侵入した磁壁のうち、第3の磁性層の磁壁は固定したまま、第1の磁性層のみを高温側に移動させ、この磁壁の移動を検出することにより、情報を再生することを特徴とする再生方法。

【請求項32】 請求項7、8または9記載の磁性記録媒体上に、前記温度勾配G(T)をなす温度分布を付与し、磁気光学効果により第1の磁壁の移動を検出することを特徴とする再生方法。

【請求項33】 請求項4または5記載の磁性記録媒体

面上に、前記温度勾配 $G(T)$ をなす温度分布であって、ピーク温度が第1の磁性層または第1n構成層のキュリー温度近傍の温度になるような温度分布を付与することを特徴とする再生方法。

【請求項34】 請求項4または5記載の磁性記録媒体面上にレーザービームを照射して、前記温度勾配 $G(T)$ をなす温度分布であって、ピーク温度が第1の磁性層または第1n構成層のキュリー温度以上の温度になるような温度分布を付与し、該レーザービーム自身によって第1の磁性層の磁壁の移動を検出することを特徴とする再生方法。

【請求項35】 請求項1または3記載の磁性記録媒体の製造方法であって、該第3の磁性層を、0.5Pa以上のガス圧下でスパッタリングして成膜することを特徴とする磁性記録媒体の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、磁性材料の磁化の配向状態によって情報を記録する磁性記録媒体に関する。

【0002】

【従来の技術】 書き換え可能な高密度記録方式として、磁気記録媒体や光磁気記録媒体等、磁性材料の磁化の配向状態によって情報を記録する磁性記録媒体及びその記録再生装置が注目されている。近年これらの磁性記録媒体の記録密度を高めて更に大容量の記録媒体とする要求が高まっている。

【0003】 このうち光磁気記録方式では、半導体レーザーの熱エネルギーを利用して磁性薄膜に磁区を書き込んで情報を記録し、磁気光学効果を使って記録情報を読み出す。一般に、光記録媒体の線記録密度は、再生光学系のレーザ波長及び対物レンズの開口数NAに大きく依存する。すなわち、再生光学系のレーザ波長 λ と対物レンズの開口数NAが決まるとビームウェストの径が決まるため、信号再生可能な記録ビットの空間周波数は $2NA/\lambda$ 程度が限界となってしまう。

【0004】 したがって、従来の光ディスクで高密度化を実現するためには、再生光学系のレーザ波長を短くするか対物レンズの開口数を大きくする必要がある。しかしながら、レーザ波長を短くするのは素子の効率、発熱などの問題で容易ではなく、また対物レンズの開口数を大きくすると、焦点深度が浅くなるなどして機械的精度に対する要求が厳しくなるという問題が生じる。

【0005】 このため、レーザ波長や対物レンズの開口数を変えずに、記録媒体の構成や再生方法を工夫して記録密度を改善する、いわゆる超解像技術が種々開発されている。

【0006】 例えば、特開平3-93058号においては、磁気的に結合される再生層と記録保持層とを有してなる多層膜の、記録保持層に信号記録を行うとともに、

再生層の磁化の向きを描えた後、レーザー光を照射して加熱し、再生層の昇温領域に、記録保持層に記録された信号を転写しながら読み取る信号再生方法が提案されている。

【0007】 この方法によれば、再生用のレーザーのスポット径に対して、このレーザーによって加熱されて転写温度に達し信号が検出される領域は、より小さな領域に限定できるため、再生時の符号間干渉を減少させ、光の回折限界以下の周期の信号が再生可能となる。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら従来の超解像方式は、いずれの方式も再生光の一部をマスクし、実質的にビットを読み取るアパーチャを小さな領域に制限する事により解像能力を上げるという方法をとっていたため、マスクした部分の光は無駄になり、再生信号振幅が小さくなるという問題があった。つまり、マスクした部分の光は再生信号に寄与しないため、分解能を上げようとしてアパーチャを狭めるほど有効に使われる光が減少し、信号レベルが下がるという問題があった。

【0009】 かかる問題点に鑑みて、本発明者は既に、特開平6-290496において、特殊な磁性記録媒体を用いて、記録マークの境界部に存在する磁壁を温度勾配によって移動させ、この磁壁移動を検出することにより、高密度記録信号を再生する方法を提案している。

【0010】 しかし、この方法は従来の再生方式とは全く異なる新規な再生方法であるため、その詳細な条件等については未知な部分が多かった。

【0011】 本発明者は、上記の磁性記録媒体並びにその再生方法について鋭意検討を重ねた結果、記録媒体の材料物性並びにその再生条件等に関してより詳細な知見を得るに至った。本発明は、上記特開平6-290496に示された機能を安定に実現するためのより適正化された条件を開示することにより、高密度記録再生が可能な磁性記録媒体並びにその再生方法を提供することを目的とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】 本発明は、少なくとも第1、第2、第3の磁性層が順次積層されている磁性記録媒体であって、 cgs 単位系で表された温度 T における第1の磁性層の磁壁エネルギー密度、飽和磁化、磁壁抗磁力、及び膜厚を、それぞれ σ_1 、 Ms_1 、 Hw_1 、及び h_1 とし、同じく第3の磁性層の磁壁エネルギー密度、飽和磁化、磁壁抗磁力、及び膜厚を、それぞれ σ_3 、 Ms_3 、 Hw_3 、及び h_3 とし、該第1の磁性層と該第3の磁性層との間の界面磁壁エネルギー密度を σ_w とし、該 σ_w が $0erg/cm^2$ になる最低温度を T_s とした時、少なくとも室温において、 $2Ms_1 * Hw_1 < \sigma_w 13 / h_1$ かつ、

$$2Ms3 * Hw3 > \sigma w13 / h3$$

を満たし、かつ、該温度Ts以上で、該第1の磁性層のキュリー温度Tc1よりも10℃以上低い温度範囲に、適当な温度Tpを選んだ時に、少なくともTs以上、Tp以下の温度範囲において、

$$k1(T) < k3(T)$$

かつ、

【0013】

【数5】

$$\int_{Ta}^{Tp} \frac{1}{k1(T)} dT > 0.2 \times 10^{-4}$$

を満たすことを特徴とする磁性記録媒体に関する。

【0014】但し、

$$k1(T) = (2Ms1 * Hw1 + \sigma w13 / h1) / |d\sigma1/dT|$$

$$k3(T) = (2Ms3 * Hw3 - \sigma w13 / h3) / |d\sigma3/dT|$$

とする。

【0015】また本発明は、少なくとも第1、第2、第3の磁性層が順次積層されており、該第1の磁性層が、該第2の磁性層に近い側から順に第11構成層、第12構成層、・・・、第1n構成層よりなるn層の構成層で構成されている磁性記録媒体であって、該第1の磁性層と該第3の磁性層との間の界面磁壁エネルギー密度をσw13とし、該σw13が0erg/cm²になる最低

$$\sigma1 = \sum_{i=1}^n (\sigma1i * h1i) / \sum_{i=1}^n h1i$$

$$Ms1 * Hw1 = \sum_{i=1}^n (Ms1i * Hw1i * h1i) / \sum_{i=1}^n h1i$$

$$h1 = \sum_{i=1}^n h1i$$

とし、同じく第3の磁性層の磁壁エネルギー密度、飽和磁化、磁壁抗磁力、及び膜厚を、それぞれσ3、Ms3、Hw3、及びh3として、

$$k1(T) = (2Ms1 * Hw1 + \sigma w13 / h1) / |d\sigma1/dT|$$

$$k3(T) = (2Ms3 * Hw3 - \sigma w13 / h3) / |d\sigma3/dT|$$

とする。

【0019】更に本発明は、記録トラックと、隣接する記録トラック同士を分離する案内帯とを有し、該記録トラック-案内帯間の第1の磁性層の膜面方向の交換相互作用による結合が、切断もしくは低減されていることを特徴とする請求項1または3記載の磁性記録媒体に関する。

【0020】更に本発明は、前記の磁性記録媒体への情報の記録方法であって、記録トラック上に、該案内帯に跨って、情報に対応した記録マークを形成することを特徴とする記録方法に関する。

【0021】更に本発明は、前記の磁性記録媒体面上

温度をTsとした時、

$$Tc11 < Tc12 < \dots < Tc1n$$

を満たし、かつ、少なくとも室温において、

$$2Ms1 * Hw1 < \sigma w13 / h1$$

かつ、

$$2Ms3 * Hw3 > \sigma w13 / h3$$

を満たし、かつ、該温度Ts以上で、該第1n構成層のキュリー温度よりも10℃以上低い温度範囲に、適当な温度Tpを選んだ時に、少なくともTs以上、Tp以下の温度範囲において、

$$k1(T) < k3(T)$$

かつ、

【0016】

【数6】

$$\int_{Ta}^{Tp} \frac{1}{k1(T)} dT > 0.2 \times 10^{-4}$$

を満たすことを特徴とする磁性記録媒体に関する。

【0017】但し、第1i構成層のキュリー温度をTc1i、cgs単位系で表された温度Tにおける磁壁エネルギー密度、飽和磁化、磁壁抗磁力、及び膜厚を、それぞれσ1i、Ms1i、Hw1i、及びh1iとして（但し、iは1～nまでの整数の1つを表す。）、

【0018】

【数7】

に、

$$G(T) < k3(T)$$

を満たし、かつ、該温度Ts以上で、該第1の磁性層のキュリー温度よりも10℃以上低い温度範囲に、適当な温度Tp'を選んだ時に、少なくともTs以上、Tp以下の温度範囲において、

$$G(T) > k1(T)$$

かつ、

【0022】

【数8】

$$\int_{Ta}^{Tp'} \frac{1}{G(T)} dT > 0.2 \times 10^{-4}$$

を満たす温度勾配G(T)をなす温度分布を付与することを特徴とする再生方法に関する。

【0023】更に本発明は、上記の温度分布を媒体面上で走査し、Ts以上の温度領域内に侵入した磁壁のうち、第3の磁性層の磁壁は固定したまま、第1の磁性層の磁壁のみを高温側に移動させ、この磁壁の移動を検出することにより、情報を再生することを特徴とする前記

の再生方法に関する。

【0024】

【発明の実施の形態】図1は、本発明の磁性記録媒体およびその再生方法における作用を説明するため模式図である。

【0025】図1(a)は、本発明の磁性記録媒体の模式的断面図である。この媒体の磁性層は、第1の磁性層11、第2の磁性層12、第3の磁性層13が順次積層されてなる。各層中の矢印14は原子スピンの向きを表している。スピンの向きが相互に逆向きの領域の境界部には磁壁15が形成されている。

【0026】図1(b)は、本発明の磁性記録媒体に形成される温度分布を示すグラフである。この温度分布は、再生用に照射される光ビーム自身によって媒体上に誘起されるものでもよいが、望ましくは別の加熱手段を併用して、再生用の光ビームのスポットの手前側から温

$$F1 = |d\sigma1/dX| = |d\sigma1/dT| * |dT/dX| \quad (式1)$$

同様に、第2の磁性層及び第3の磁性層の磁壁エネルギー密度を $\sigma2$ 及び $\sigma3$ とすると、これらの磁性層の磁壁に対しても、下記式から求められる磁壁駆動力 $F2$ 及び

$$F2 = |d\sigma2/dX| = |d\sigma2/dT| * |dT/dX| \quad (式2)$$

$$F3 = |d\sigma3/dX| = |d\sigma3/dT| * |dT/dX| \quad (式3)$$

これらの力は、磁壁エネルギーの低い方に磁壁を移動させるように作用する。

【0030】ここで、温度勾配 $|dT/dX|$ を、位置Xにおける温度の関数として $G(T)$ と表した時、 $G(T) < k3(T)$ (式4)

を満たし、かつ、少なくとも Ts 以上の所定の温度範囲において、

$$G(T) > k1(T) \quad (式5)$$

$$k1(T) = (2Ms1 * Hw1 + \sigma w13 / h1) / |d\sigma1/dT| \quad (式6)$$

$$k3(T) = (2Ms3 * Hw3 - \sigma w13 / h3) / |d\sigma3/dT| \quad (式7)$$

である。 $k1(T)$ は、第1の磁性層の磁壁を移動させるのに必要な最小の温度勾配であり、 $k3(T)$ は、第3の磁性層の磁壁が移動せずにいられる最大の温度勾配である。

【0031】この時、(式1)～(式7)より、 $F3 + \sigma w13 / h3 < 2Ms3 * Hw3$ (式8)かつ、少なくとも Ts 以上の所定の温度範囲において、 $F1 > 2Ms1 * Hw1 + \sigma w13 / h1$ (式9)となる。(式8)の右辺、及び(式9)の右辺第1項は、磁壁の移動を妨げる“摩擦力”である。

【0032】(式8)の左辺第2項は、第1の磁性層との交換相互作用により第3の磁性層が受ける力、(式9)の右辺第2項は、第3の磁性層との交換相互作用により第1の磁性層が受ける力である。

【0033】(式8)より、第3の磁性層は、付与した温度分布のいかなる温度範囲においても摩擦力が支配的

度を上昇させ、スポットの後方に温度のピークが来るような温度分布を形成する。ここで、位置 Xs において、媒体温度が Ts に達しており、位置 Xs より後方(図では左側)の Ts より高温側の領域では、第1の磁性層と第3の磁性層との間の界面磁壁エネルギー密度 $\sigma w13$ が 0 erg/cm^2 になっている。この温度 Ts は、第2の磁性層のキュリー温度や膜厚を調整することで制御され、一般的には第2の磁性層のキュリー温度近傍の温度になる。

【0027】図1(c)は、図1(b)の温度分布に対応する第1の磁性層の磁壁エネルギー密度 $\sigma1$ の分布を示すグラフである。この様にX方向に磁壁エネルギー密度 $\sigma1$ の勾配があると、位置Xに存在する第1の磁性層の磁壁に対して下記式から求められる“磁壁駆動力” $F1$ が作用する。

【0028】

$F3$ が作用する。

【0029】

を満たすように温度分布を形成しておく。但し、 cgs 単位系で表された温度 T における第1の磁性層の飽和磁化、磁壁抗磁力、及び膜厚を、それぞれ $Ms1$ 、 $Hw1$ 、及び $h1$ とし、同じく第3の磁性層の飽和磁化、磁壁抗磁力、及び膜厚を、それぞれ $Ms3$ 、 $Hw3$ 、及び $h3$ とし、該第1の磁性層と該第3の磁性層との間の界面磁壁エネルギー密度を $\sigma w13$ として、

であるため、磁壁は終始固定されている。

【0034】第1の磁性層中の磁壁も、 Ts (厳密には Ts より僅かに低い温度)以下の温度範囲、即ち位置 Xs より後方(図では右側)の領域では、第3の磁性層との交換相互作用により第1の磁性層が受ける力(式9)の右辺第2項)が大きいため、第3の磁性層中の磁壁と同じ位置に固定されたままである。

【0035】ところが、温度が Ts に近づくと、第3の磁性層との交換相互作用により第1の磁性層が受ける力が弱まり、 Ts 以上の所定の温度範囲では、第1の磁性層は磁壁駆動力が支配的になって(式9)が成立し、第1の磁性層中の磁壁が高温側の磁壁エネルギーの低い領域に向かって移動する。第2の磁性層は、 Ts 以上の温度範囲で概ねキュリー温度以上になるので、磁壁自体が存在しなくなる。

【0036】少なくとも室温において、

$$2Ms1 \cdot Hw1 < \sigma w13 / h1$$

かつ、

$$2Ms3 \cdot Hw3 > \sigma w13 / h3$$

を満たすようにしておくことにより、少なくとも室温まで冷却された後には、第3の磁性層に保存されていた磁化状態が、第1の磁性層に再転写され、情報の保存と繰返し再生が可能になる。

【0037】上述のような温度分布が存在し得るためには、媒体条件として、少なくとも温度Ts以上の所定の温度範囲において、 $k1(T) < k3(T)$ を満たす必要がある。

【0038】第1の磁性層を、第3の磁性層よりも磁壁抗磁力の小さな材料で構成し、第2の磁性層を、第1及び第3の磁性層よりもキュリー温度の低い材料で構成することにより、容易に上記条件を満足する磁性記録媒体を得ることができる。

【0039】しかし、第1の磁性層の磁壁移動に要する温度勾配 $k1(T)$ の値として、無制限に大きな値を許容することはできない。 $k1(T)$ が大きいと、磁壁を僅かに移動させるだけで第1の磁性層のキュリー温度まで昇温させてしまうことになり、検出するのに十分な距離にわたって磁壁を移動させられないからである。

【0040】磁壁の移動を検出する方法として磁気光学効果を利用する場合、照射する再生用の光ビームスポット16のサイズが現行の通常技術では最小で1 μ m程度であるから、少なくとも0.2 μ m程度の距離にわたって磁壁を移動させないと、検出するのが困難である。

(将来的に、より微小な光スポットを形成できる技術が確立された場合や、磁壁の移動を検出する方法として磁気誘導等を利用する場合には、この限りではない。)

0.2 μ m以上の距離にわたって磁壁を移動させるためには、温度Ts以上の適当な温度Tpを選んだ時に、少なくともTs以上、Tp以下の温度範囲において、 $k1(T) < k3(T)$

かつ、

【0041】

【数9】

$$\int_{Ts}^{Tp} \frac{1}{k1(T)} dT > 0.2 \times 10^{-4}$$

を満たす媒体である必要がある。

【0042】そして、この媒体に対して、温度分布に関する前述の条件に加えて、温度Ts以上の適当な温度Tp'を選んだ時に、少なくともTs以上、Tp'以下の温度範囲において、 $G(T) > k1(T)$

かつ、

【0043】

【数10】

$$\int_{Ts}^{Tp'} \frac{1}{G(T)} dT > 0.2 \times 10^{-4}$$

を満たす温度勾配G(T)をなす温度分布を付与すれば、0.2 μ m以上の距離にわたって磁壁が移動する。

【0044】一般的に、キュリー温度に近づくほど磁壁は動きやすくなるので、緩い温度勾配で長い距離にわたって磁壁を移動させることが可能になる。しかし、キュリー温度近傍の温度では磁性が弱まるので、磁壁がいくら移動しても検出するのが困難である。

【0045】このため、第1の磁性層のキュリー温度よりも少なくとも10℃程度低い温度範囲で上記の条件が満たされる必要がある。検出レベルを向上させるためには、望ましくは第1の磁性層のキュリー温度よりも20℃程度、更に望ましくは30℃程度以上低い温度範囲で上記の条件が満たされるのがよい。

【0046】さて、この磁性記録媒体面上で前記のような温度分布を走査すると、図1(a)に示す様に、情報に対応した間隔で形成されている各磁壁15が、位置Xsに到達する度に、破線矢印17で示した様に、高温領域への磁壁移動が起こる。この磁壁の移動を検出することにより、情報を再生することができる。但し、温度分布の走査速度は、磁壁が移動する速度に比べて十分に遅くしておく。

【0047】温度Tsの等温線が記録パターンを分解して行くので、磁壁の移動距離を再生スポットサイズと同等以上にしておくだけで、分解能は再生スポットサイズと無関係に向上させることが可能であり、光学的回折限界の制約から完全に解放される。

【0048】以上、第1の磁性層が均一単層の磁性膜で構成される本発明の磁性記録媒体について説明したが、以下に述べるように、第1の磁性層を、第2の磁性層に近づくほどキュリー温度が低くなるような膜厚方向のキュリー温度勾配を有する磁性層で構成してもよい。

【0049】即ち、第1の磁性層を、第2の磁性層に近い側から順に第11構成層、第12構成層・・・、第1n構成層よりなるn層の構成層で構成する。第1i構成層のキュリー温度をTcli、膜厚をhli、磁壁エネルギー密度、飽和磁化、及び磁壁抗磁力を、それぞれ $\sigma1i$ 、 $Ms1i$ 、及び $Hw1i$ とする。 $Tc11 < Tc12 < \dots < Tc1n$ であるから、第1の磁性層は、キュリー温度に達した構成層によって構成層間の交換結合が分断されることはない。従って、安定な結合状態が維持される限りは、第1の磁性層は単一の磁性層とみなすことができる。

【0050】そしてこの仮想的に単一の磁性層の磁壁エネルギー密度、飽和磁化、磁壁抗磁力、及び膜厚を、それぞれ $\sigma1$ 、 $Ms1$ 、 $Hw1$ 、及び $h1$ とすると、下式が成り立つ。

【0051】

【数11】

$$\sigma_l = \sum_{i=1}^n (\sigma_{li} + h_{li}) / \sum_{i=1}^n h_{li}$$

$$M_{sl} + H_{wl} = \sum_{i=1}^n (M_{sli} + H_{wli} + h_{li}) / \sum_{i=1}^n h_{li}$$

$$h_l = \sum_{i=1}^n h_{li}$$

【0052】以下、第1の磁性層が均一単層の磁性膜で構成される場合と同様にして、作用を説明することができる。

【0053】一般的に、キュリー温度に近づくほど、磁壁駆動力が摩擦力に対して支配的になる。第1の磁性層を上述のような構成にすると、第1n構成層のキュリー温度に対して十分に低い温度で磁壁駆動力が摩擦力を上回るようにすることができるので、媒体の設計が容易になり、動作も安定化させることができるのである。

【0054】ここまでは、磁壁エネルギーの勾配によって発生する磁壁駆動力と、磁壁抗磁力による摩擦力と、磁性層間の交換相互作用による力との三者の間の支配関係のみで、磁壁の挙動を説明してきたが、実際には、反磁界や外部磁界による影響がある。また、磁区が閉じた磁壁で囲まれている場合には、磁壁の移動方向が磁区拡大方向か縮小方向かによって、磁壁が生成したり消滅したりするため、これが磁壁の挙動に影響を及ぼす。

【0055】反磁界や外部磁界による影響は、飽和磁化を調整することで抑制することができる。また、磁壁の生成/消滅の影響は、記録マークの前後の磁壁が独立して形成されるようにすれば排除できる。そのためには、例えば、記録トラックの両側部において、第1の磁性層の膜面方向の交換相互作用による結合が切断もしくは低減されている媒体を用いて、記録トラックの両側部に跨って記録マークを形成すればよい。

【0056】以下、本発明を適用した実施形態について図面を参照しながら説明する。

【0057】図2は、本発明の磁性記録媒体の層構成の一実施態様を示す模式的断面図である。この態様においては、基板26上に、下地層25、第1の磁性層21、第2の磁性層22、第3の磁性層23、上地層24が順次積層されている。基板26としては、例えば、ポリカーボネート、アクリル、ガラス等を用いることができる。下地層25や上地層24としては、例えば、SiN、AlN、SiO、ZnS、MgF、TaOなどの誘電体材料が使用できる。磁壁の移動を光学的に検出するのでなければ、必ずしも透光性材料である必要はない。磁性層以外の層は必須のものではない。磁性層の積層順序を逆にしてもよい。また、この構成に、更にAl、AlTa、AlTi、AlCr、Cu、Pt、Auなどからなる金属層を付加して、熱的な特性を調整してもよい。また、高分子樹脂からなる保護コートを付与してもよい。あるいは、成膜後の基板を貼り合わせてもよい。

【0058】これら各層は、例えばマグネトロンスパッ

タ装置による連続スパッタリング、または連続蒸着などによって被着形成できる。特に各磁性層は、真空を破ることなく連続成膜されることで、互いに交換結合をしている。

【0059】上記媒体において、第1～第3の各磁性層21～23は、磁気記録媒体や光磁気記録媒体に一般的に用いられている材料の他、磁気バブル材料や反強磁性材料等、種々の磁性材料によって構成することができる。

【0060】例えば、Pr、Nd、Sm、Eu、Gd、Tb、Dy、Ho、Erなどの希土類金属元素の一種類あるいは二種類以上が10～40原子%と、Fe、Co、Niなどの鉄族元素の一種類あるいは二種類以上が90～60原子%とで構成される希土類-鉄族非晶質合金によって構成し得る。また、耐食性向上などのために、これらの合金にCr、Mn、Cu、Ti、Al、Si、Pt、Inなどの元素を少量添加してもよい。

【0061】また、Pt/Co、Pd/Coなどの白金族-鉄族周期構造膜や、白金族-鉄族合金膜、Co-Ni-OやFe-Rh系合金等の反強磁性材料、磁性ガーネット等の材料も使用可能である。

【0062】重希土類-鉄族非晶質合金の場合、飽和磁化は、希土類元素と鉄族元素との組成比により制御することが可能である。補償組成にすれば、室温での飽和磁化を0emu/ccにできる。

【0063】キュリー温度も、組成比により制御することが可能である。飽和磁化と独立に制御するためには、鉄族元素として、Feの一部をCoで置き換えた材料を用い、置換量を制御する方法がより好ましく利用できる。即ち、Fe1原子%をCoで置換することにより、6℃程度のキュリー温度上昇が見込めるので、この関係を用いて所望のキュリー温度となるようにCoの添加量を調整する。Cr、Ti、Alなどの非磁性元素を微量添加することにより、逆にキュリー温度を低下させることも可能である。また、二種類以上の希土類元素を用いてそれらの組成比を調整することでもキュリー温度を制御できる。

【0064】磁壁抗磁力や磁壁エネルギー密度は、主として材料元素の選択によって制御するが、下地の状態や、スパッタガス圧等の成膜条件によっても調整可能である。TbやDy系の材料は磁壁抗磁力や磁壁エネルギー密度が大きく、Gd系材料は小さい。不純物の添加等によって調整することもできる。

【0065】膜厚は、成膜速度と成膜時間で制御でき

る。

【0066】本発明の磁性記録媒体へのデータ信号の記録は、磁気記録もしくは熱磁気記録によって、第3の磁性層の磁化配向状態をデータ信号に対応させることによって行う。熱磁気記録には、媒体を移動させながら、第3の磁性層がキュリー温度以上になるようなパワーのレーザー光を照射しながら外部磁界を変調する方式と、一定方向の磁界を印加しながらレーザーパワーを変調する方式とがある。後者の場合、光スポット内の所定領域のみが第3の磁性層のキュリー温度以上になる様にレーザー光の強度を調整すれば、光スポットの径以下の記録磁区が形成でき、光の回折限界以上の周期の信号も記録できる。

【0067】

【実施例】以下に具体的な実施例をもって本発明を更に詳細に説明するが、本発明はその主旨を逸脱しない限りにおいて以下の実施例に限定されるものではない。

【0068】【実施例1】直流マグネトロンスパッタリング装置に、BドーパしたSi、及びGd、Tb、Fe、Co、Crの各ターゲットを取り付け、トラッキング用の案内溝（案内槽）が形成されたポリカーボネイト基板を基板ホルダーに固定した後、 1×10^{-6} Pa以下の高真空になるまでチャンバー内をクライオポンプで真空排気した。真空排気をしたままArガスを0.5 Paとなるまでチャンバー内に導入し、基板を回転させながら、ターゲットをスパッタして各層を成膜した。

【0069】まず最初に、下地層としてSiN層を80 nm成膜した。引き続き、第1の磁性層としてGdFeCr層を膜厚（h1）30 nm、第2の磁性層としてTbFeCr層を膜厚（h2）10 nm、第3の磁性層としてTbFeCoCr層を膜厚（h3）80 nmに順次成膜した。最後に、保護層としてSiN層を60 nm成膜した。

【0070】SiN層成膜時にはArガスに加えてN₂ガスを導入し、直流反応性スパッタにより成膜した。各磁性層は、Gd、Tb、Fe、Co、Crの各ターゲットに投入するパワーの比によって組成比を制御した。

【0071】組成比は、各磁性層とも補償組成近傍の組成になるように調整し、また、第1の磁性層のキュリー温度（Tc1）が220℃、第2の磁性層のキュリー温度（Tc2）が160℃、第3の磁性層のキュリー温度（Tc3）が290℃程度となるように調整した。

【0072】静特性測定用に、同一の層構成のサンプルを作製して、第1の磁性層と第3の磁性層との間の界面磁壁エネルギー密度 $\sigma w13$ の温度依存性を測定した。 $\sigma w13$ が0 erg/cm²になる最低温度Tsは160℃であった。

【0073】次に、各磁性層単層構成のサンプルを作製して、第1の磁性層の飽和磁化Ms1、磁壁抗磁力Hw1、及び、同じく第3の磁性層の飽和磁化Ms3、磁壁

抗磁力Hw3の温度依存性を測定した。

【0074】更に、各磁性層ごとに同一材料で極性の異なる磁性層との交換結合二層膜を作製し、この二層膜間の界面磁壁エネルギーの実測結果から、第1及び第3の磁性層の磁壁エネルギー密度（ブロッホ磁壁エネルギー密度） $\sigma1$ 、及び $\sigma3$ を求めた。

【0075】これらの測定結果から、

$$k1(T) = (2 * Ms1 * Hw1 + \sigma w13 / h1) / |d\sigma1 / dT|$$

、及び

$$k3(T) = (2 * Ms3 * Hw3 - \sigma w13 / h3) / |d\sigma3 / dT|$$

を導出した。

【0076】この逆数をとって、 $1/k1(T)$ 及び $1/k3(T)$ の温度依存性を図3に示す。図3より、例えば温度Tpを200℃に選んだ時、少なくともTs以上、Tp以下の温度範囲において、

$$k1(T) < k3(T)$$

かつ、

【0077】

【数12】

$$\int_{Ts}^{Tp} \frac{1}{k1(T)} dT > 0.2 \times 10^{-4}$$

を充分満たしていることが分かる。

【0078】また、少なくとも室温において、

$$2Ms1 * Hw1 < \sigma w13 / h1$$

かつ、

$$2Ms3 * Hw3 > \sigma w13 / h3$$

を満たしていた。

【0079】即ち本実施例の磁性記録媒体は、請求項1の磁性記録媒体の条件を満足している。

【0080】さて、この媒体面上に、

$$G(T) < k3(T)$$

を満たし、かつ、温度Ts以上で、第1の磁性層のキュリー温度よりも10℃以上低い温度範囲に、適当な温度Tp'（上述のTpとは異なる温度でよい）を選んだ時に、少なくともTs以上、Tp'以下の温度範囲において、

$$G(T) > k1(T)$$

かつ、

【0081】

【数13】

$$\int_{Ts}^{Tp'} \frac{1}{G(T)} dT > 0.2 \times 10^{-4}$$

を満たす温度勾配G(T)をなす温度分布を付与すれば、温度Tsの等温線上に存在する磁壁が、高温領域に向かって0.2 μm以上移動する。しかも、第1の磁性層のキュリー温度よりも10℃以上低い温度範囲で0.2 μm以上の移動距離を確保できる。

【0082】請求項1の規定は、このような温度分布が

存在し得るために媒体に要求される必要条件である。逆に、この条件を満たしている媒体であれば、適切な温度分布さえ与えれば、上述の動作が実現する。しかし、録再システムとしての動作マージンを確保するためには、許容される温度分布の範囲が広い媒体の方がよい。

【0083】本実施例の磁性記録媒体においては、例えば図4中の41~43に示したような温度分布を形成すれば上述の条件を満たし得る。このようなレベルの温度勾配とガウシアンライクな形状を有する温度分布は、例えば集光したレーザービームの照射によって容易に形成し得る。

【0084】図4中の41、42、及び43の温度分布を、温度勾配の逆数 $1/G(T)$ の温度に対する関数で表現し直して、それぞれ図3中の破線31、32、及び33に示す。これらの温度分布が上述の条件を満たしていることが分かる。

【0085】ここでは、ピーク温度が第3の磁性層のキュリー温度よりも低い例を示したが、データを破壊しながら読み出すのであれば、第3の磁性層のキュリー温度以上の高温領域を有する温度分布にしても、読み出し自体は可能である。

【0086】許容される温度分布の範囲が広い媒体とするためには、 T_s 以上の所定の温度範囲において $1/k_1(T)$ ができる限り大きい方が望ましい。また、 $k_1(T < G(T) < k_3(T))$ を満たす T_s 以上の温度範囲として、できる限り広い温度範囲をとれる方が望ましく、そのために T_{c1} 及び T_{c3} が T_s よりも充分高いことが望ましい。

【0087】具体的には、

【0088】

【数14】

$$\int_{T_c}^{T_p} \frac{1}{k_1(T)} dT > 0.4 \times 10^{-4}$$

更に望ましくは、

【0089】

【数15】

$$\int_{T_c}^{T_p} \frac{1}{k_1(T)} dT > 0.8 \times 10^{-4}$$

を満たしうる媒体とするのがよい。

【0090】また、 $T_{c1}, T_{c3} > T_s + 50^\circ\text{C}$ 、更に望ましくは $T_{c1}, T_{c3} > T_s + 80^\circ\text{C}$ を満たす媒体とするのがよい。

【0091】 $1/k_1(T)$ を大きくするためには、 $M_{s1} * H_{w1}$ を小さくし、 σ_1 の温度依存性を急峻にすればよい。 σ_1 の温度依存性を急峻にするためには、 σ_1 を大きくすればよいが、そのためには、異方性や交換ステイフネスを大きくする必要があり、 $M_{s1} * H_{w1}$ を小さくしたいという要請と相反する傾向がある。

【0092】そこで、 σ_1 の温度依存性を、 T_s 以下の温度範囲では変化が小さく、 T_s 以上の所定の温度範囲

において急激に低下するようにするとよい。例えば、第1の磁性層を、室温において希土類元素副格子磁化優勢な組成にしておくと、 σ_1 の温度依存性を上述のようにすることができる。

【0093】また、磁壁を安定に移動させ、更に磁壁移動速度を向上させて高速再生を可能にするためには、磁壁駆動力が摩擦力に対して充分大きいことが望ましい。そのために、付与する温度分布の $1/G(T)$ が、媒体の特性値である $1/k_1(T)$ よりも充分小さいことが望ましい。

【0094】具体的には、 $1/G(T) < (1/(2 * k_1(T)))$ 、更に望ましくは、 $1/G(T) < 1/(4 * k_1(T))$ とするのがよい。そして、このような温度分布が存在し得るために、媒体の必要条件として、

【0095】

【数16】

$$\int_{T_c}^{T_p} \frac{1}{2 * k_1(T)} dT > 0.2 \times 10^{-4}$$

更に望ましくは、

【0096】

【数17】

$$\int_{T_c}^{T_p} \frac{1}{4 * k_1(T)} dT > 0.2 \times 10^{-4}$$

を満たす媒体が望まれ、前述の許容される温度分布のマージンを考慮すると、

【0097】

【数18】

$$\int_{T_c}^{T_p} \frac{1}{4 * k_1(T)} dT > 0.4 \times 10^{-4}$$

更に望ましくは、

【0098】

【数19】

$$\int_{T_c}^{T_p} \frac{1}{4 * k_1(T)} dT > 0.8 \times 10^{-4}$$

を満たす媒体が望まれる。

【0099】更に、磁壁移動検出用のレーザースポットのサイズが、現行の通常技術では、 $1 \mu\text{m}$ 程度であるから、このスポットの全体を使用して最大の振幅を得るためには、磁壁移動距離が $1 \mu\text{m}$ 以上確保できることが望ましい。このためには、上記各式の右辺の値に5倍($1 \mu\text{m}/0.2 \mu\text{m}=5$)を乗じた式を満足する媒体であることが、上述の各々の観点から望まれる。

【0100】また、同じ媒体を再生するのであれば、付与する温度分布を媒体の特性値に合わせて、 T_s 以上の温度範囲において $G(T)/k_1(T)$ がなるべく一定になるようにした方が、必要な大きさの磁壁駆動力を維持しつつ、長い距離にわたって磁壁を移動させることができ、良好な再生特性が得られる。

【0101】一般に、媒体の物性値である $1/k_1$

(T)は、図3に見られるように、第1の磁性層のキュリー温度に近づくとも増大する傾向がある。そこで、付与する温度分布の $1/G(T)$ を、この特性にならって、温度上昇に伴って急激に増大させるようにしておけば、摩擦力に対して充分大きな磁壁駆動力を維持したまま、比較的長い距離にわたって磁壁を移動させることが可能になる。 $1/G(T)$ が、温度上昇に伴って急激に増大する温度分布とは、僅かな距離進むと温度勾配が急激に緩くなる温度分布のことで、ガウシアンライクな形状を台形に潰したような温度分布になる。そしてこのような温度分布の、温度勾配が最も急になる温度を T_s に合わせるのがよい。複数の強度ピークを有するレーザービームの照射などによって、このような温度分布も形成可能である。また、通常のガウシアンライクな形状の温度分布であっても、図3中の33のように、ピーク温度を、第1の磁性層のキュリー温度近傍の温度に合わせると、 $1/G(T)$ を、媒体の特性値 $1/k_1(T)$ に比較的にマッチさせることができる。

【0102】しかし、キュリー温度近傍の温度では磁性が弱まるので、この温度領域で磁壁がいくら移動しても検出するのが困難である。このため、 $T_p < T_c - 20^\circ\text{C}$ 、更に望ましくは、 $T_p < T_c - 30^\circ\text{C}$ を満たす媒体とするのがよく、付与する温度分布も、 $T_p' < T_c - 1 - 20^\circ\text{C}$ 、更に望ましくは、 $T_p' < T_c - 1 - 30^\circ\text{C}$ を満たす範囲内で、 $0.2\mu\text{m}$ 以上の移動距離を稼げるような温度分布にするのが望ましい。更にこの意味からも、 T_s が $T_c - 1$ よりも充分低いことが望ましく、 $T_c - 1 > T_s + 70^\circ\text{C}$ 、更に望ましくは $T_c - 1 > T_s + 100^\circ\text{C}$ を満たす媒体とするのがよい。

【0103】本実施例の磁性記録媒体において、第1の磁性層の磁壁が、温度勾配によって移動する様子は、以下に述べるように、偏光顕微鏡による直接観察で確認できた。

【0104】まず、本実施例の磁性記録媒体と同一の構成で、磁性層の積層順を逆にしたサンプルを作製した。このサンプルを、光磁気ディスクの記録再生用に一般的に用いられているドライブ装置にかけて、マーク長 $0.75\mu\text{m}$ の繰り返し磁区パターンを記録した。このサンプルを取り出して、膜面側、即ち第1の磁性層側から偏光顕微鏡で観察した。

【0105】サンプルに加熱用の集光レーザーを照射して、偏光顕微鏡の視野内で、図4中の41に示した温度分布とほぼ同様の温度分布を形成した後、トラック方向にサンプルをゆっくりと走査した。

【0106】この結果、トラック上に形成されている磁区の境界部が、 T_s 以上の温度に達していると想定される半径 $1\mu\text{m}$ 程度の円形領域に入る度に、円形領域の中心方向に向かって瞬時に移動するのが観察された。また、加熱用のレーザーの照射を停止すると、第3の磁性層に保存されていた磁区パターンが第1の磁性層に転写

され、初期状態に戻るのが観察された。

【0107】以上より、 T_s 以上の温度に達して第3の磁性層との結合が切断された領域において、第1の磁性層の磁壁が、温度勾配によって高温側へ $1\mu\text{m}$ 程度移動することが確認された。

【0108】つぎに、本実施例の磁性記録媒体の記録再生特性を測定した。

【0109】測定に用いた記録再生装置には、図8に示すように、一般的な光磁気ディスク記録再生装置の光学系に、加熱用のレーザーが付加されている。81は、記録再生用のレーザー光源で、波長は 780nm で、記録媒体に対してP偏光が入射する様に配置されている。82は、加熱用のレーザー光源で、波長は $1.3\mu\text{m}$ で、同じく記録媒体に対してP偏光が入射する様に配置されている。83は、 780nm 光を100%透過し、 $1.3\mu\text{m}$ 光を100%反射するように設計されたダイクロイックミラーである。84は、偏向ビームスプリッターで、 780nm 光、 $1.3\mu\text{m}$ 光、各々のP偏光は70~80%透過し、S偏光は100%反射するよう設計されている。 $1.3\mu\text{m}$ 光の光束径は、対物レンズ85の開口径よりも小さくなるようにしてあり、全開口部を通過して集光される 780nm 光に比べて、NAが小さくなるようにしてある。また、87は、 $1.3\mu\text{m}$ 光が、信号検出系に漏れ込まないようにするために設けるもので、 780nm 光を100%透過し、 $1.3\mu\text{m}$ 光を100%反射するように設計されたダイクロイックミラーである。

【0110】この光学系により、記録媒体86の記録面上に、図9(a)に示すように、案内溝94間のランド95上において、記録再生用のスポット91と、加熱用のスポット92とを結像させることができる。加熱用のスポット92は、波長が長くNAが小さいので、記録再生用のスポット91よりも径が大きくなる。これにより、移動している媒体の記録面上の記録再生用のスポット91の領域に、図9(b)に示してあるような所望の温度勾配を容易に形成することができる。

【0111】記録再生は媒体を線速 1.5m/sec で駆動して行った。

【0112】まず、記録再生用レーザーを 4mW でDC照射しながら磁界を $\pm 2000\text{Oe}$ で変調することにより、第3の磁性層のキュリー温度以上に加熱した後の冷却過程で、磁界の変調に対応した上向き磁化と下向き磁化との繰り返しパターンを形成した。尚、この時、加熱用のレーザーを合わせて照射して、記録再生用レーザーの記録パワーを低減させることも可能である。

【0113】記録磁界の変調周波数は 5.0MHz とし、 $0.15\mu\text{m}$ のマーク長の繰り返しパターンを記録した。

【0114】さて、再生は、加熱用のレーザーで形成した温度分布により磁壁を移動させ、この磁壁の移動を、

磁気光学効果を利用して記録再生用レーザーの反射光の偏光面の変化によって検出した。

【0115】再生時の記録再生用のレーザーのパワーは0.5mWとし、加熱用のレーザーを25~50mWのパワーで同時に照射しながらC/Nを測定した。

【0116】この結果、加熱用レーザーのパワーによらず、48dBのC/Nが得られた。

【0117】本実施例の媒体は、

【0118】

【数20】

$$\int_{T_0}^{T_p} \frac{1}{k_1(T)} dT > 1.8 \times 10^{-4}$$

を満たしており、前述の許容される温度分布の範囲が充分広い媒体である。このため、加熱用のレーザーのパワーや強度分布、形状に対するマージンが十分確保できている。また、再生用レーザーと加熱用レーザーとの位置関係に対するマージンも広い。

【0119】尚、加熱用レーザーを照射せずに同様の再生を行ったときには、再生信号は全く検出できなかった。0.5mWの再生用レーザー自身による加熱では、媒体温度はほとんど上昇せず、磁壁移動開始可能な温度 T_s に達しない。このため、従来の再生方式と全く同様の再生を行っていることになる。この場合、再生光学系の回折限界の約3倍の高密度信号である0.15 μ mのマーク長の繰返しパターンは全く検出できないのである。

【0120】また、例えば特開平3-93058号等に提案されているような従来の超解像方式による再生では、0.15 μ mのマーク長の繰返しパターンの信号を読み出すためには、同等レベルまでアバーチャーを制限する必要があり、有効に使用される光量が大幅に低下するため、30dB以下のC/Nしか得られなかった。

【0121】【実施例2】まず最初に、基板表面を高周波スパッタによりパワー100Wで5分間逆スパッタした。次に、下地層としてAlN層を70nm成膜した。この後再びパワー100Wで5分間逆スパッタして下地層表面を平滑化した。引き続き、第1の磁性層としてGdFeCoCr層を膜厚(h1)50nm、第2の磁性層としてDyFeCo層を膜厚(h2)5nm、第3の磁性層としてTbDyFeCo層を膜厚(h3)40nmに順次成膜した。この後、保護層としてAlN層を30nm成膜し、最後に、放熱層としてAlを50nm成膜した。第1の磁性層成膜時のArガス圧は0.1Paとし、第3の磁性層成膜時のArガス圧は1.1Paとした。その他の構成、製法は、実施例1と同様にした。

【0122】組成比は、各磁性層とも補償組成近傍の組成になるように調整し、また、第1の磁性層のキュリー温度(T_{c1})が250℃、第2の磁性層のキュリー温度(T_{c2})が100℃、第3の磁性層のキュリー温度(T_{c3})が220℃程度となるように調整した。

【0123】第1の磁性層と第3の磁性層との間の界面磁壁エネルギー密度 σw_{13} の温度依存性を測定した結果、 σw_{13} が0erg/cm²になる最低温度 T_s は110℃であった。

【0124】第1の磁性層の飽和磁化 M_s1 、磁壁抗磁力 H_w1 、磁壁エネルギー密度 σ_1 及び、同じく第3の磁性層の飽和磁化 M_s3 、磁壁抗磁力 H_w3 、磁壁エネルギー密度 σ_3 の温度依存性を測定し、これらの測定結果から、

$$k_1(T) = (2 * M_s1 * H_w1 + \sigma w_{13} / h_1) / |d\sigma_1 / dT|$$

、及び

$$k_3(T) = (2 * M_s3 * H_w3 - \sigma w_{13} / h_3) / |d\sigma_3 / dT|$$

を導出した。

【0125】この逆数をとって、 $1/k_1(T)$ 及び $1/k_3(T)$ の温度依存性を図5に示す。図5より、例えば温度 T_p を180℃に選んだ時、少なくとも T_s 以上、 T_p 以下の温度範囲において、

$$k_1(T) < k_3(T)$$

かつ、

【0126】

【数21】

$$\int_{T_0}^{T_p} \frac{1}{k_1(T)} dT > 0.2 \times 10^{-4}$$

を充分満たしていることが分かる。

【0127】また、少なくとも室温において、

$$2M_s1 * H_w1 < \sigma w_{13} / h_1$$

かつ、

$$2M_s3 * H_w3 > \sigma w_{13} / h_3$$

を満たしていた。

【0128】即ち本実施例の磁性記録媒体は、請求項1の磁性記録媒体の条件を満足している。

【0129】本実施例の磁性記録媒体では、 T_s が T_{c1} よりも充分に低く、 T_p も T_{c1} よりも充分に低い温度にとれるので、充分に磁性の強い状態で磁壁移動させることができる。このため、磁気光学効果を利用して磁壁の移動を検出する場合、カー回転角が充分大きく、大きな再生信号振幅が得られる。

【0130】また、 T_{c3} は T_{c1} とは逆に充分低く設定しており、放熱層を付加して熱的な特性を調整したにもかかわらず、良好な記録感度が保たれている。

【0131】但し、キュリー温度よりも充分低い温度で磁壁移動させるために、第1の磁性層の材料や成膜条件、下地の表面状態等に対する制約は厳しくなる。

【0132】本実施例の磁性記録媒体の記録再生特性を、実施例1と同様の方法で測定した結果、50dBのC/Nが得られた。

【0133】【実施例3】下地層を成膜した後、第1の磁性層を以下のような3層で構成して順次成膜した。ま

ず、第13構成層としてキュリー温度(T_{c13})が260℃のGdFeCr層を膜厚(h_{13})10nm、次に第12構成層としてキュリー温度(T_{c12})が210℃のGdFeCr層を膜厚(h_{12})10nm、次に第11構成層としてキュリー温度(T_{c11})が165℃のGdFeCr層を膜厚(h_{11})10nmに順次成膜した。引き続き、第2の磁性層と第3の磁性層とを実施例1と同様の材料で同様の膜厚に成膜した。第2の磁性層及び第3の磁性層成膜時には、Arガス圧を1.2Paとし、また、基板回転数を調整して、一周あたりTbの膜厚が単原子層厚(約3.7Å)程度になるようにして、希土類元素主体の領域と鉄族元素主体の領域とが膜厚方向に周期的に繰り返す構造を形成した。この他の構成、製法は、実施例1と同様にした。

【0134】組成比は、各磁性層とも補償組成近傍の組

$$\sigma l = \sum_{i=1}^n (\sigma_{li} * h_{li}) / \sum_{i=1}^n h_{li}$$

$$Ms l * Hw l = \sum_{i=1}^n (Ms_{li} * Hw_{li} * h_{li}) / \sum_{i=1}^n h_{li}$$

$$h l = \sum_{i=1}^n h_{li}$$

を算出し、

$$k1(T) = (2 * Ms1 * Hw1 + \sigma w13 / h1) / |d\sigma1/dT|$$

、及び

$$k3(T) = (2 * Ms3 * Hw3 - \sigma w13 / h3) / |d\sigma3/dT|$$

を導出した。

【0138】この逆数をとって、 $1/k1(T)$ 及び $1/k3(T)$ の温度依存性を図6に示す。図6より、例えば温度Tpを220℃に選んだ時、少なくともTs以上、Tp以下の温度範囲において、 $k1(T) < k3(T)$

かつ、

【0139】

【数23】

$$\int_{T_0}^{T_p} \frac{1}{k1(T)} dT > 0.2 \times 10^{-4}$$

を充分満たしていることが分かる。

【0140】また、少なくとも室温において、

$$2Ms1 * Hw1 < \sigma w13 / h1$$

かつ、

$$2Ms3 * Hw3 > \sigma w13 / h3$$

を満たしており、

$$T_{c11} < T_{c12} < T_{c13}$$

を満たしている。

【0141】即ち本実施例の磁性記録媒体は、請求項3に規定した磁性記録媒体の条件を満足している。

【0142】本実施例の磁性記録媒体の記録再生特性を、実施例1と同様の方法で測定した結果、52dBの

成になるように調整した。第2の磁性層のキュリー温度(T_{c2})は145℃、第3の磁性層のキュリー温度(T_{c3})は290℃に調整した。

【0135】第1の磁性層と該第3の磁性層との間の界面磁壁エネルギー密度 $\sigma w13$ の温度依存性を測定した結果、 $\sigma w13$ が0erg/cm²になる最低温度Tsは145℃であった。

【0136】第1i構成層の飽和磁化 $Ms1i$ 、磁壁抗磁力 $Hw1i$ 、磁壁エネルギー密度 $\sigma1i$ 及び、同じく第3の磁性層の飽和磁化 $Ms3$ 、磁壁抗磁力 $Hw3$ 、磁壁エネルギー密度 $\sigma3$ の温度依存性を測定し、これらの測定結果から、

【0137】

【数22】

C/Nが得られた。

【0143】本実施例の磁性記録媒体では、Tsが T_{c1n} よりも十分に低く、Tpも T_{c1n} よりも十分に低い温度にとれるので、磁気光学効果を利用して磁壁の移動を検出する場合、カー回転角が充分大きく、大きな再生信号振幅が得られる。また、第1の磁性層の材料や成膜条件、下地の表面状態等に対しても、大きな制約を受けず、生産性がよい。

【0144】更に、例えば、第13構成層の膜厚は10nmにしたまま、第12構成層の膜厚を15nm、第11構成層の膜厚を20nmとして、第1の磁性層の各構成層の膜厚を第2の磁性層に近づくほど厚くなるように構成すれば、低温側での $1/k1(T)$ をより大きくすることができる。その結果、再生時に許容される温度分布のマージンを拡大したり、磁壁をより高速で移動させたり、あるいは、磁壁の移動距離を増長して検出レベルを向上させたりすることができる。

【0145】また、第2の磁性層と第3の磁性層は、希土類元素単原子層と鉄族元素層との周期構造を形成した。一般的に、このような構造にすることで垂直磁気異方性が増大することが知られている。第2の磁性層の垂直磁気異方性が増大すると、磁壁エネルギーが増大し、第2の磁性層のキュリー温度近傍での $\sigma w13$ も増大するため、後に述べるように信号特性が向上する。第3の磁性層の垂直磁気異方性が増大すると、磁区の保存性が向上し、より高密度の記録が可能になる。

【0146】〔実施例4〕第1の磁性層の鉄族元素と希土類元素との組成比を変化させて、室温における飽和磁化を、鉄族元素副格子磁化優勢200emu/ccのもの

のから希土類元素副格子磁化優勢300emu/ccのものまで種々変化させた他は、実施例1と同様の磁性記録媒体を作製した。

【0147】上記各磁性記録媒体の記録再生特性を、実施例1と同様の方法で測定した結果、鉄族元素副格子磁化優勢50emu/ccのものから希土類元素副格子磁化優勢200emu/ccのものまでの範囲で比較的良好なC/Nが得られた。特に、希土類元素副格子磁化優勢50emu/ccから100emu/ccのものまでの範囲で50dB以上のC/Nが得られた。

【0148】これらのサンプルの第1の磁性層の飽和磁化の温度依存性を測定し、補償温度を調べたところ、希土類元素副格子磁化優勢50emu/ccのサンプルにおいて補償温度が100℃程度であり、室温における飽和磁化の増大と共に急激に補償温度が上昇して、希土類元素副格子磁化優勢100emu/ccのサンプルにおいては補償温度がキュリー温度を超えているため存在しなくなっていた。キュリー温度以上における補償温度を仮想的に外挿して考えると、希土類元素副格子磁化優勢50emu/ccから100emu/ccのものまでの範囲のサンプルの補償温度は、100℃から250℃程度と考えられる。

【0149】ところで、上述のサンプルのTsは、全て実施例1と同様160℃であり、第1の磁性層のキュリー温度化Tc1も、鉄族元素と希土類元素との組成比の変化に伴ってCr添加量を調整して、実施例1と同様にほぼ220℃に合わせるようにしてある。

【0150】上述の補償温度の範囲は、TsからTc1までの範囲とほぼオーバーラップする。補償温度においては飽和磁化は0emu/ccであり、その前後の温度においても鉄族元素副格子磁化と希土類元素副格子磁化とがほぼ補償されて、飽和磁化は極小さな大きさに抑制される。

【0151】このことから、上述の組成範囲では、磁壁が移動するTsからTc1までの温度範囲における飽和磁化が小さく、そのために磁壁の挙動が外部磁界や反磁界の影響を受けにくく、ノイズが抑制されて良好なC/Nが得られるものと考えられる。

【0152】実測結果では、50dB以上のC/Nが得られたサンプルのTsからTc1までの温度範囲における飽和磁化は、少なくとも20emu/cc以下であった。

【0153】【実施例5】第1の磁性層をCo-Ni-Oからなる反強磁性材料で構成した他は、実施例1と同様の磁性記録媒体を作製した。

【0154】本実施例の磁性記録媒体は、第1の磁性層の飽和磁化が、動作温度範囲で常に0emu/ccであるので、磁壁の挙動が外部磁界や反磁界の影響を全く受けない。このため、±4000eの再生磁界印加の下でも常に安定して良好な再生信号が得られた。

【0155】【実施例6】第1の磁性層をGdFeCoCrで構成した他は、実施例1と同様の磁性記録媒体を作製した。第1の磁性層の室温における飽和磁化は希土類元素副格子磁化優勢250emu/ccとし、キュリー温度は300℃以上である。

【0156】本実施例の磁性記録媒体は、第1の磁性層が、室温においては面内に磁化配向しており、温度上昇に伴ってTs近傍の温度から高温側で垂直に配向する。

【0157】第1の磁性層の垂直磁気異方性が小さいので、磁壁が移動し易く、良好な信号特性が得られた。

【0158】【実施例7】実施例1の磁性記録媒体の第1の磁性層に隣接して、第2の磁性層とは逆側に、再生層として第4の磁性層NdFeCoを10nm付加した他は、実施例1と同様の磁性記録媒体を作製した。

【0159】本実施例の磁性記録媒体は、磁壁の移動をカー効果を利用して検出する際、再生時のレーザー入射側に、短波長でのカー回転角が大きな材料からなる磁性層を付加したので、将来的にブルーレーザー等の短波長レーザーを用いて、トラック密度を向上させたりする場合に、検出レベルが向上する。

【0160】尚、再生層として付加する第4の磁性層は、上記のものに限らず、磁気光学効果の優れた、Nd、Pr、Sm等の軽希土類金属を添加した希土類元素-鉄族元素非晶質合金膜、Pt/Co、Pd/Co等の白金族-鉄族周期構造膜、PtMnSb、MnBi、磁性ガーネット、またはフェライト等の磁性酸化物等を用いてもよい。

【0161】また、同様の効果を得るために、このような第4の磁性層として適用可能な材料を第1の磁性層自体として用いてもよい。

【0162】【実施例8】第2の磁性層の鉄族元素と希土類元素との組成比を変化させて、室温における飽和磁化を、鉄族元素副格子磁化優勢300emu/ccのものから希土類元素副格子磁化優勢300emu/ccのものまで種々変化させた他は、実施例1と同様の磁性記録媒体を作製した。

【0163】上記各磁性記録媒体の記録再生特性を、実施例1と同様の方法で測定した結果、鉄族元素副格子磁化優勢200emu/ccのものから希土類元素副格子磁化優勢200emu/ccのものまでの範囲で良好なC/Nが得られた。

【0164】即ち、第2の磁性層の飽和磁化が200emu/cc以下であると良好なC/Nが得られる。

【0165】【実施例9】第2の磁性層を(GdTb)(FeCoCr)で構成し、(GdTb)中のGd組成比を0~100原子%まで変化させた他は、実施例1と同様とし、第2の磁性層の磁壁エネルギー密度が種々変化している磁性記録媒体を作製した。(GdTb)(FeCoCr)中の(GdTb)組成比は、補償組成近傍の組成になるように調整し、(FeCoCr)中のCo

及びCr組成比を調整して、キュリー温度が各サンプルとも160℃になるようにした。

【0166】第2の磁性層の室温における磁壁エネルギー密度は、(GdTb)中のGd組成比が増大するほど減少し、Gd組成比が0原子%の時 6 erg/cm^2 、100原子%の時 1 erg/cm^2 であった。

【0167】上記各磁性記録媒体の記録再生特性を、実施例1と同様の方法で測定した結果、室温における磁壁エネルギー密度が 4 erg/cm^2 以上(Gd組成比が約40原子%以下)のサンプルにおいて良好なC/Nが得られた。

【0168】第2の磁性層の磁壁エネルギー密度が大きいと、第2の磁性層のキュリー温度近傍での $\sigma w13$ も大きくなり、第2の磁性層のキュリー温度に向かって $\sigma w13$ が急激に低下するようになる。この結果、第1の磁性層に作用する磁壁駆動力が、摩擦力和 $\sigma w13/h1$ との和を上回る温度、即ち磁壁移動開始温度の揺らぎが抑制される。このため、ノイズが低減し、C/Nが向上するものと考えられる。

【0169】【実施例10】第3の磁性層の鉄族元素と希土類元素との組成比を変化させて、室温における飽和磁化を、鉄族元素副格子磁化優勢 300 emu/cc のものから希土類元素副格子磁化優勢 300 emu/cc のものまで種々変化させた他は、実施例1と同様の磁性記録媒体を作製した。

【0170】上記各磁性記録媒体の記録再生特性を、実施例1と同様の方法で測定した結果、鉄族元素副格子磁化優勢 150 emu/cc のものから希土類元素副格子磁化優勢 150 emu/cc のものまでの範囲で良好なC/Nが得られた。

【0171】即ち、第3の磁性層の飽和磁化が 150 emu/cc 以下であると良好なC/Nが得られる。

【0172】【実施例11】第3の磁性層のCo含有率を10~30原子%まで種々変化させた他は、実施例1と同様の磁性記録媒体を作製した。

【0173】上記各磁性記録媒体の記録再生特性を、実施例1と同様の方法で測定した結果、Co含有率が20原子%以下の範囲で良好なC/Nが得られたが、Co含有率を20原子%より増大させると、マークの欠落ないしは磁区形状の乱れが生じ、C/Nが低下した。但し、再生劣化を起こさないように特に適切なキュリー温度を得るためには、Co含有率は5原子%以上であることが好ましい。

【0174】【実施例12】第3の磁性層の膜厚を30~100nmまで種々変化させた他は、実施例1と同様の磁性記録媒体を作製した。

【0175】上記各磁性記録媒体の記録再生特性を、実施例1と同様の方法で測定した結果、膜厚50nm以上で良好なC/Nが得られた。膜厚70nm以上では、マーク長0.10 μm で記録しても、マークの欠落や磁区

形状の乱れが生じず、さらに良好なC/Nが得られた。

【0176】但し、厚すぎるのも実際的ではなく、特に適切な記録感度を得るためには、通常200nm以下である。

【0177】【実施例13】第3の磁性層の成膜時のスパッタガス圧を0.1~1.2Paまで種々変化させた他は、実施例1と同様の磁性記録媒体を作製した。

【0178】上記各磁性記録媒体の記録再生特性を、実施例1と同様の方法で測定した結果、スパッタガス圧0.5Pa以上で良好なC/Nが得られた。スパッタガス圧1.0Pa以上では、マーク長0.10 μm で記録しても、マークの欠落や磁区形状の乱れが生じず、さらに良好なC/Nが得られた。

【0179】但し、スパッタガス圧が高すぎると膜質が劣化しやすく、特性や構造安定性が低下する場合もある。そこで、3Pa以下とすると特に特性の優れたものが安定して得られる。

【0180】【実施例14】図7(a-1)に断面形状で示した様に、案内溝75を深さ0.1 μm の矩形に形成した基板を使用した他は、実施例1と同様の磁性記録媒体を作製した。

【0181】この矩形の案内溝75は、基板面に対して略垂直に切り立って成形されている。このため、この基板上に通常のスパッタリングや蒸着などの成膜工程で成膜された磁性層73は、案内溝75の側面部で図のようにはば分離される。実際には、段差部にも多少膜が堆積して磁性層が繋がってしまうことも考えられるが、他の部分と比較して膜厚が非常に薄くなるので、段差部での結合は無視できる。

【0182】尚、実施例1で使用した従来の基板は、図7(a-2)に示すように、案内溝75とランド76との間で磁性層73が連続的に一様に堆積するため、各トラック間で磁性層が繋がってしまう。

【0183】本実施例の磁性記録媒体のランド76を記録トラックとして、ランド幅いっぱい反転磁区を形成すると、図7(b)に示す様に、ランド76上の磁区の境界部に、閉じていない磁壁77が形成される。このような磁壁77は、トラック方向に移動させても、トラック側部で磁壁の生成・消滅が生じないので、安定して容易に移動させることができる。この結果、再生時のノイズが低減し、良好なC/Nが得られた。

【0184】尚、本実施例の磁性記録媒体は、ランド76に加えて、案内溝75も記録トラックとして使用することも可能である。

【0185】【実施例15】図10に断面形状で示した様に、案内溝として案内溝101を、深さ0.4 μm 、基板表面上での幅0.3 μm に形成した基板を使用した他は、実施例1と同様の磁性記録媒体を作製した。

【0186】この案内溝は、幅に対して深さが非常に深い。このため、この基板上に通常のスパッタリングや蒸

着などの成膜工程で成膜された記録膜103は、図のようにこの案内溝の底部にはほとんど堆積しない。

【0187】本実施例の磁性記録媒体のランド102を記録トラックとして、記録トラックと両側の案内帯に跨って、情報に対応した記録マークを形成した後、実施例1と同様にして再生した結果、再生時のノイズが低減し、良好なC/Nが得られた。

【0188】[実施例16] 実施例1の磁性記録媒体の案内溝(案内帯)上にトラッキングサーボをかけて、線速1.5m/secで媒体を駆動しながら、記録再生用の集光されたレーザービームを14mWで連続照射して、案内溝上の磁性膜のみを局所アニール処理した。

【0189】本実施例の磁性記録媒体の記録トラックと両側の案内帯に跨って、情報に対応した記録マークを形成した後、実施例1と同様にして再生した結果、再生時のノイズが低減し、良好なC/Nが得られた。

【0190】ガラス基板上に成膜した磁性膜を、加熱炉で全面アニール処理したサンプルで、磁性膜の磁気的な特性の変化を調べた結果、高温のアニール処理により、磁壁エネルギー密度が大幅に低下した。

【0191】この結果より、本実施例の磁性記録媒体においては、案内溝上の磁性膜の磁壁エネルギー密度は、記録トラック上の磁性膜の磁壁エネルギー密度よりも大幅に低下しているものと考えられる。

【0192】尚、実施例14~16においては、第1の磁性層と同時に、第3の磁性層にも閉じていない磁壁が形成され、記録マークの前後の磁壁が独立して形成される。このため、磁区をシュリンクさせる作用がなくなり、微小な磁区を保存でき、より高密度の記録マークを形成できるという効果も認められた。

【0193】[実施例17] 実施例1の磁性記録媒体を用いて、従来の光磁気ディスク評価装置を用いて記録再生特性を測定した。加熱用のレーザーがない他は、実施例1の測定条件と同等である。

【0194】0.15μmのマーク長の繰り返しパターンを記録して、再生用レーザー自身で加熱して再生した。再生用レーザーのパワーを、0.5mWから3.0mWまで変化させたところ、1.2mWから信号波形が現れ、2.0mW以上の範囲で40dB以上のC/Nが得られた。2.6mW以上ではデータが破壊された。

【0195】再生用レーザー自身で加熱した場合、通常、媒体面上の照射スポットの内部に温度分布のピークが形成される。そして、照射スポットの前方と後方に温度Tsの等温線が形成される。この結果、前後の温度Tsの等温線からのピーク温度位置への磁壁の移動が重畳されて、再生スポットで検出されることになる。このため再生信号のノイズが高くなる。

【0196】ところが、再生パワーを上昇させて、形成される温度分布のピーク周辺領域の温度を、第1の磁性層のキュリー温度近傍の温度以上にすると、ピーク

周辺領域までは磁壁が移動してこないか、あるいは、移動してきたとしても磁性がほとんどなくなっているの検出にかならないようにすることができる。

【0197】そして、加熱再生スポットが媒体に対して相対的に移動していると、熱は加熱再生スポットの後方により多く蓄積される。このため、温度分布のピークは、加熱再生スポット内部の、中心より後方に偏った位置に形成される。

【0198】これにより、図11のように、第1の磁性層のキュリー温度近傍の温度以上に加熱したピーク周辺領域により、再生スポット後方の温度Tsの等温線からの磁壁移動をマスクし、前方の温度Tsの等温線からの磁壁移動のみを検出することができる。

【0199】この結果、本実施例においては、再生パワー2.0mW以上の範囲で、比較的良好な再生信号が得られた。

【0200】本実施例において、再生パワー2.0mW以上の範囲で上述のようなマスク機能が作用していることは、以下のような孤立マークの再生によって、より明確に検証できる。

【0201】0.75μmのマークを4.5μm周期で記録して、再生用レーザーのパワーを、1.0mWから2.2mWまで変化させて再生した。この時オシロスコープ上で観察された信号波形を図12に示す。

【0202】再生パワー1.0mWでは、磁壁移動開始可能な温度Tsに達しておらず、従来の再生方式と同様の再生が行われている。図12(a)のように、4.5μm周期の孤立マークは従来の再生方式でも充分再生可能であるから、通常の再生波形が観察されている。

【0203】再生パワーを1.4mWまで上昇させると、温度Ts以上に達する領域ができ、図12(b)のように磁壁移動による、本発明の再生方式に特有の矩形波形が現れた。この時、振幅の異なる二つの矩形波形が、同時に一定の遅延を持って観察された。振幅の大きな矩形波形が、再生スポット進行方向前方に形成される温度Tsの等温線からの磁壁移動による信号波形であり、振幅の小さな矩形波形が、後方の温度Tsの等温線からの磁壁移動による信号波形である。磁壁移動の終着点となる温度分布のピークが、再生スポットの中心より後方に偏った位置に形成されるため、後方の温度Tsの等温線からの磁壁移動による信号波形は振幅が小さくなる。各信号波形の立ち上がりは記録マークの前方の磁壁の移動による信号レベルの変化であり、立ち下がりには記録マークの後部の磁壁の移動による信号レベルの変化である。前方からの信号の立ち上がり立ち下がりがなまっているのは、前方の温度Tsの等温線が、再生スポットの内部に形成されているため、磁壁移動開始前の磁化状態も検出されるためである。

【0204】さて、再生パワーを1.8mWまで上昇させると、温度Ts以上に達する領域が拡大し、前後のT

s等温線間の距離が伸びるため、各々の位置に移動前の磁壁が到達する時間間隔も延び、図12(c)のように、二つの矩形波形間の遅延時間が増大した。しかし、依然として二つの矩形波形が観察された。

【0205】ところが、再生パワーを2.2mWまで上昇させると、図12(d)のように、振幅の小さな矩形波形は全く見られなくなり、前方のTs等温線からの磁壁移動のみを検出できるようになった。

【0206】以上のように、第1の磁性層のキュリー温度近傍の温度以上に加熱した領域を形成することにより、レーザースポット後方の温度Tsの等温線からの磁壁移動がマスクされ、この結果として、再生用レーザと加熱用レーザとを同一のレーザビームで兼用して1ビームで再生しても、良好な再生信号を得ることができた。

【0207】但し、この場合、データを破壊しないためには、第3の磁性層のキュリー温度が第1の磁性層のキュリー温度よりも高い磁性記録媒体を使用する必要がある。

【0208】以上述べた例の他、本発明の磁性記録媒体及びその再生方法は、磁気光学効果による偏光面の変化に限らず、磁壁の移動によって生ずる別の变化を検出して再生するものであってもよい。本発明の磁性記録媒体の記録膜は、磁性材料であれば垂直磁化膜でなくてもよい。また、各磁性層の界面は必ずしも明瞭急峻である必要はなく、膜厚方向に徐々に特性の変化している構成であってよい。

【0209】

【発明の効果】以上詳細に説明したように、本発明によれば、光学的な回折限界による制約を受けることなく、高密度の信号を再生できる。また、媒体を適切に規定したことにより、録再生システムとしての動作マージンを拡大することができる。

【0210】また、本発明によれば、動作を安定化させてノイズを抑制し、検出レベルを増大させ、再生信号品質を向上させることができる。

【0211】さらに、磁壁を高速で移動させることを可能とし、記録再生速度を向上させることができる。

【0212】更にまた本発明によれば、媒体並びにその記録再生装置の生産性を向上させ、低コスト化することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1～第3の磁性層を有する磁性記録媒体を使用した場合の本発明の再生方法の概念を模式的に示した図である。(a)は、再生状態における媒体の断面を示し、各磁性層のスピン配向状態を模式的に示している。(b)は、(a)に示されている位置における媒体上の温度分布を示している。(c)は、同様の位置における磁壁エネルギー密度の分布及びそれに伴って磁壁に作用する力の分布を模式的に示している。

【図2】本発明の磁性記録媒体の層構成の一実施例を示す模式的断面図である。

【図3】実施例における第1及び第3の磁性層の磁壁の移動開始に関わる臨界温度勾配の逆数の温度依存性を示す図である。合わせて、実施例における温度分布の温度勾配の逆数の温度依存性を示している。

【図4】実施例における温度分布を示す図である。

【図5】実施例における第1及び第3の磁性層の磁壁の移動開始に関わる臨界温度勾配の逆数の温度依存性を示す図である。

【図6】実施例における第1及び第3の磁性層の磁壁の移動開始に関わる臨界温度勾配の逆数の温度依存性を示す図である。

【図7】実施例における磁性記録媒体の断面形状を示す図である。

【図8】実施例において用いた記録再生装置を示す模式図である。

【図9】実施例における再生状態を示す模式図である。

【図10】実施例における磁性記録媒体の断面形状を示す図である。

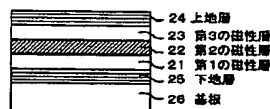
【図11】実施例における再生状態を示す模式図である。

【図12】実施例における再生信号波形を示す模式図である。

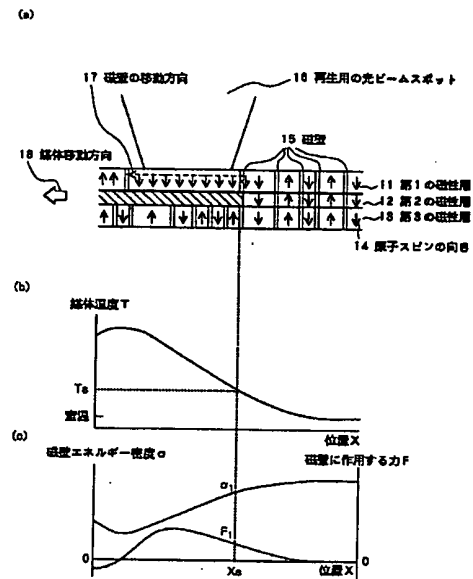
【符号の説明】

- 11 第1の磁性層
- 12 第2の磁性層
- 13 第3の磁性層
- 14 原子スピンの向き
- 15 磁壁
- 16 再生用の光ビームスポット
- 17 磁壁の移動方向
- 18 媒体の移動方向

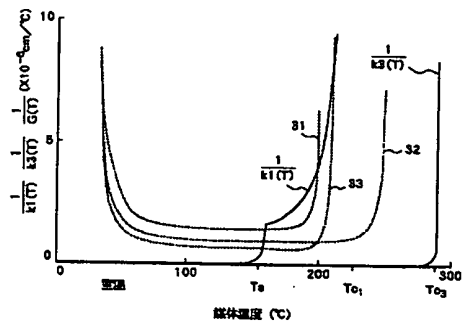
【図2】



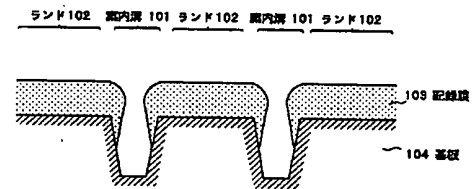
【図1】



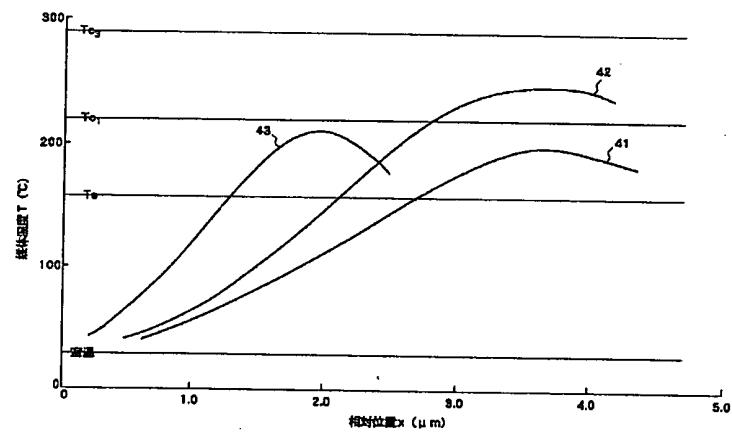
【図3】



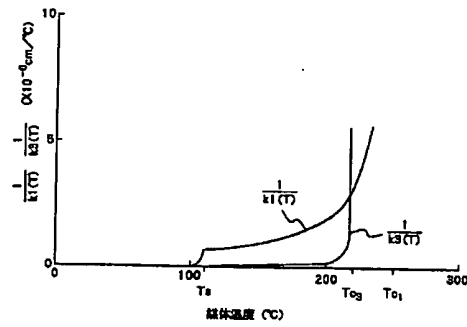
【図10】



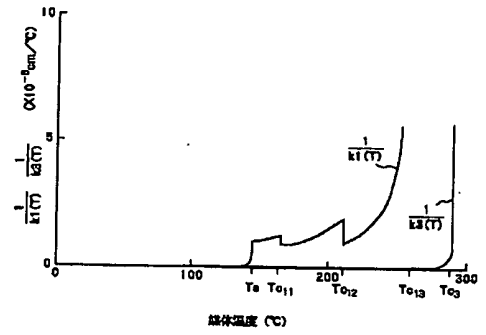
【図4】



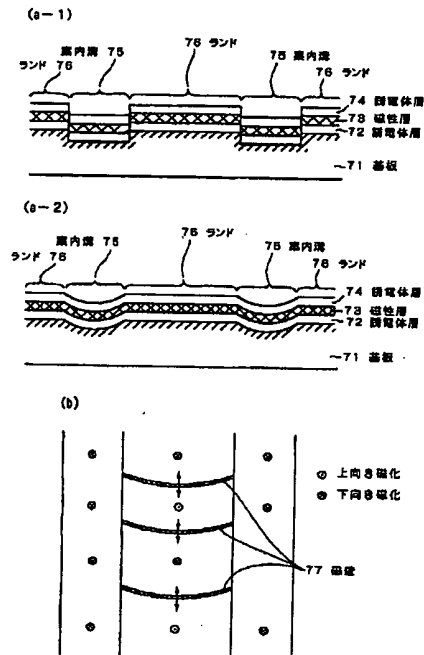
【図5】



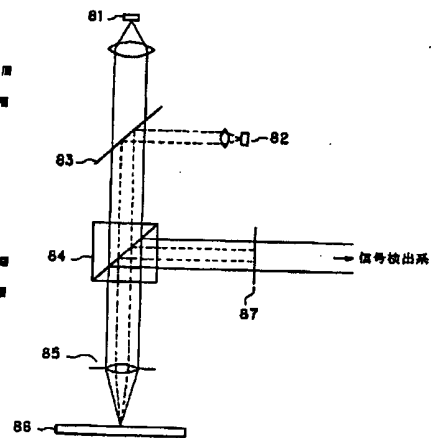
【図6】



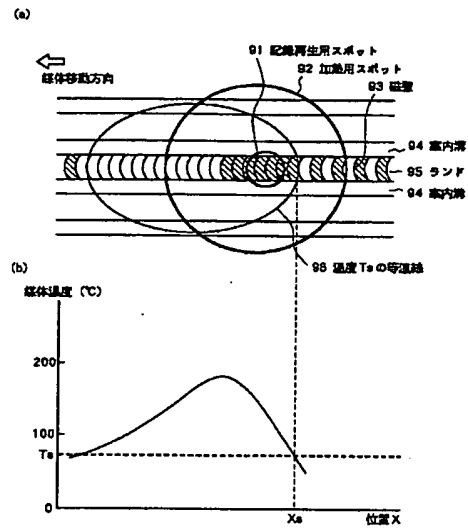
【図7】



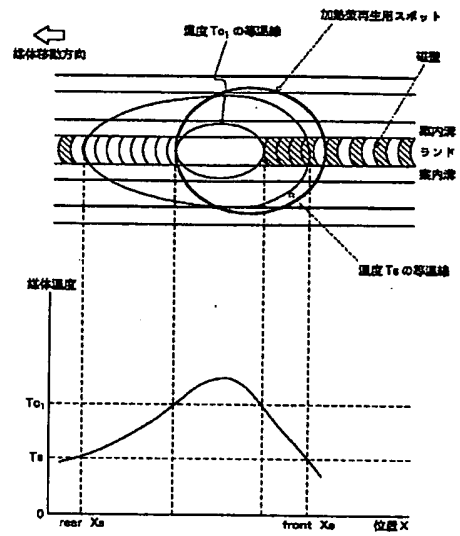
【図8】



【図9】



【図11】



【図12】

